

УДК 621.9.01

О.Г. Дерев'янченко, д-р техн. наук, С.К. Волков,  
Д.О. Криницин, канд. техн. наук, Одеса, Україна

## **КОНТРОЛЬ СТАНІВ СИСТЕМИ ЕЛЕМЕНТІВ РІЗУЧОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦІВ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ МАГАЗИНІ ВЕРСТАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СТЗ**

*Розроблено систему контролю станів різучої частини різців в інструментальному магазині верстату. Працездатність системи та програмного комплексу контролю, формування моделей динаміки станів, діагностування та прогнозування остатнього ресурсу перевірено та підтверджено на прикладі оцінки станів розточувальних різців*

*Разработана система контроля состояний режущей части резцов в инструментальном магазине станка. Работоспособность системы и программного комплекса контроля, формирования моделей динамики состояний, диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса проверена и подтверждена на примере оценки состояний расточных резцов.*

*The checking system of cutting part states in the instrumental shop of machine-tool is developed. The capacity of the system and programmatic complex of control, models of dynamics forming, diagnosing and prognostications of remaining resource is tested and confirmed on the example of boring tools states estimation.*

**Аналіз попередніх досліджень.** Питання контролю станів різучої частини (РЧ) різальних інструментів (РІ) з використанням систем технічного зору (СТЗ) розглянуті в ряді робіт, у тому числі в [1]. Приведено результати розробок відповідних стендових систем контролю РІ. Однак для сучасних систем класу ГВМ контроль інструментів поза верстату призводить до неприпустимих простоїв та збитків. Тому розробка підходу до створення та дослідження систем контролю РІ в зоні інструментального магазину (ІМ) верстату є актуальною. Як показано в [2], різуча частина інструментів (зокрема – різців) уявляє собою систему елементів зі змінною структурою. Ці елементи (робочі поверхні та різучі кромки) мають різну, параметрично обумовлену орієнтацію у просторі інструментальної системи координат. В процесі зношування різців ця орієнтація змінюється. Очевидно, що для контролю кожного з названих елементів відповідна система повинна мати спеціальні пристрої для автоматичного (чи автоматизованого) налаштування цифрових камер СТЗ.

**Метою даної статті є** викладення деяких результатів розробки системи контролю РЧ РІ в інструментальному магазині свердлильно - фрезерно - розточувального (СФР) верстату та формування з її використанням моделей динаміки різучої частини.

**Розглянемо основні результати досліджень.** Насамперед проведемо

уточнення моделей системи елементів різальної частини, створення яких повинна забезпечувати система контролю. Різні варіанти класифікації технічних систем та підходів до їх моделювання наведені в ряді робіт, у тому числі в [3, 4].

Результати дослідження систем з використанням фізичного або математичного моделювання наведені у монографії [3]. Показано, що математична модель уявляє собою спрощене відображення найбільш істотних сторін досліджуваної технічної системи (ТС), формування сукупності математичних виразів, що описують процес її функціонування (зміни станів) і дозволяють оцінити якість системи. Прогнозування певних результатів функціонування систем є головною метою побудови моделі.

Динамічні системи з дискретним часом і відповідні моделі розглянуті в роботі [4]. Модель динаміки РЧ (ДМ РЧ) в процесі зношування (що поступово формується за наслідками періодичного контролю) належить до цього класу моделей.

ДМ РЧ уявляє собою математичну модель, одночасно топологічну (тому що відображає поточну структуру різальної частини) та геометричну (відображає форми та текстури зон зносу чи руйнування). Вона є функціональною, бо текстурні параметри відображають наслідки дії складних фізичних процесів, супроводжуваних зношування. ДМ РЧ формується в результаті обробки комплексної обробки наборів цифрових зображень РЧ з використанням наборів спеціальних алгоритмів та програм, тому вона також є алгоритмічною динамічною моделлю з дискретним часом.

Фрагмент моделі динаміки станів зношених задніх поверхонь –  $A_2^T$  різця ( $M_{A_2^T}^{(0, T_K)}$ ) та відповідний графік динаміки висоти зони зношування представлені на рис. 1. Вона містить набір моделей станів на кожен момент контролю РІ (у інтервалі часу  $(0, T_K)$ ). Відповідно позначено:  $I_{A_2^{T_i}}^{RGB}$ ,  $I_{A_2^{T_i}}^{OS}$ ,  $I_{A_2^{T_i}}^{BIN}$  – цифрові зображення зони  $A_2^T$  у форматі RGB, у ”відтінках сірого” та бінарне;  $K_{A_2^{T_i}}^\Sigma$  – набір контурів зон зношування;  $i \in (0, T_K)$ .

ДМ РЧ дозволяє виконувати прогнозування залишкового ресурсу різця не тільки за одним параметром (графік на рис. 1), але й багатопараметричне прогнозування розвитку усіх значних дефектів як передньої, так і задніх поверхонь різальної частини. Зазначимо, що для цього система контролю РІ повинна забезпечувати можливість позиціонування цифрової (WEB) камери відносно кожної з поверхонь зносу. Випробувано і визнано конструкційно ефективним розміщення апаратних частин системи контролю станів РІ в інструментальному магазині верстату.

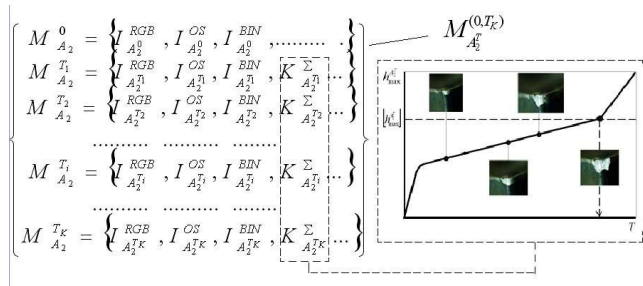


Рисунок 1 – Модель динаміки станів зношених задніх поверхонь РЧ різця (фрагмент)

На основі розроблених на кафедрі технології конструктивних матеріалів та матеріалознавства ОНПУ стендових систем [1] створена та досліджена система контролю станів РЧ безпосередньо у зоні інструментального магазину. Вона пройшла випробування на СФР – верстаті мод. 2202ВФ4 кафедри металорізальних верстатів, метрології та сертифікації ОНПУ (рис. 2). Система включає такі елементи: 1 – інструментальний магазин; 2 – перевантажувач РІ; 3 – автооператор; 4 – розточувальна борштанга; 5 – різець; 6 – ПЕОМ; 7 – пристрій для контролю станів РЧ РІ з використанням СТЗ; 8 – пульт дистанційного керування пристроєм; 9 – кнопка лінійних переміщень; 10 – керування різкістю; 11 – перемикач; 12 – магнітна основа; 13 – штанга; 14 – рухливий супорт, на якому кріпиться система контролю; 15 – цифрова (WEB) камера; 16 – система освітлення РЧ.

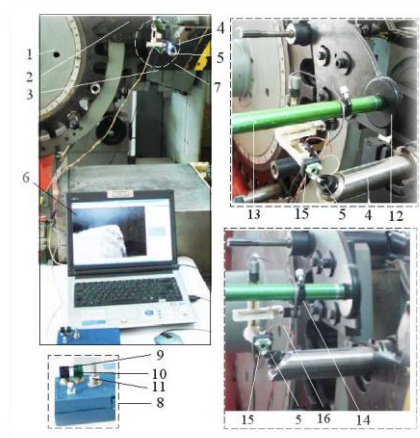


Рисунок 2 – Загальні види системи контролю станів РІ, розміщеної в зоні інструментального магазину СФР – верстату, та її елементів

Система дозволяє дистанційно керувати переміщеннями WEB-камери відносно РІ, що контролюється, отримувати цифрові зображення зон зносу РЧ, обробляти їх у ПЕОМ з використанням спеціального програмного комплексу та формувати відповідні моделі динаміки станів РЧ, виконувати прогнозування залишкового ресурсу інструменту. Наявність блоку позиціонування WEB-камери в трьох вимірах (рис. 3) – це важлива особливість системи контролю, яка забезпечує її гнучкість з позицій контролю РІ різного типу.

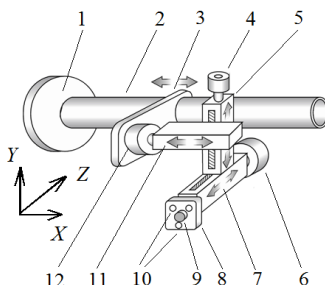


Рисунок 3 – Блок позиціонування WEB-камери в трьох вимірах відносно інструменту, що контролюється

Основні вузли, показані на рис. 3: 1 – магнітна підставка; 2 – штанга; 3 – рухливий супорт; 4 – кроковий двигун для переміщення WEB-камери уздовж осі Y; 5 – привод переміщення WEB-камери уздовж осі Y; 6 – кроковий двигун для переміщення WEB-камери уздовж осі Z; 7 – привод переміщення WEB-камери уздовж осі Z; 8 – WEB-камера; 9 – посилююча лінза для макрозйомок; 10 – підсвічування зони реєстрації зображення РЧ; 11 – кроковий двигун для переміщення WEB-камери уздовж осі X; 12 – привод переміщення WEB-камери уздовж осі X.

Працездатність розробленої системи та програмного комплексу контролю, діагностування та прогнозування остатнього ресурсу РІ перевірено та підтверджено на прикладі оцінки станів розточувальних різців. Подальші дослідження дозволять надати рекомендації для майбутнього створення відповідних промислових систем контролю та діагностування станів РІ.

Накопичена велика кількість цифрових зображень динаміки станів різців різноманітного типу в умовах чистової та напівчистової обробки. Це дає можливість побудови відповідних ДМ РЧ, проведення подальших досліджень для покращення якості методів діагностування РІ та відповідних класифікаторів.

**Висновки.** Розроблено систему контролю станів елементів РЧ РІ в інструментальному магазині СФР – верстату. Працездатність системи та програмного комплексу контролю, формування моделей динаміки РЧ, діагностування та прогнозування остатнього ресурсу РІ перевірено та підтверджено на прикладі оцінки станів розточувальних різців.

**Список использованных источников:** 1. Формирование первичных образов режущей части с использованием СТЗ для диагностирования состояний инструментов на основе анализа 3D-моделей, Деревянченко А.Г., Волков С.К., Марченко Е.Н., Криницын Д.А. // Резание и инструмент в технологических системах: научно-технический сборник, Харьков, НТУ «ХПИ», 2014. – Вып 84, С. 62-69. 2. Деревянченко А.Г. Диагностирование состояний режущих инструментов при прецизионной обработке / Деревянченко А.Г., Павленко В.Д., Андреев А.В. – Одесса: Астропринт, 1999. – 184 с. 3. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.К. Теорія технічних систем. – Тернопіль. 1997 – 310 с. 4. Аносов, Д. В. Топология, обыкновенные дифференциальные уравнения, динамические системы, Сборник обзорных статей. Д. В. Аносов / Тр. МИАН СССР, С. 169, 1985, С. 59–93.

**Bibliography (transliterated):** 1. Formirovanie pervichnyh obrazov rezhushhej chasti s ispol'zovaniem STZ dlja diagnostirovanija sostojanij instrumentov na osnove analiza 3D – modelej, Derevjanchenko A.G., Volkov S.K., Marchenko E.N., Krinicyн D.A // Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah: nauchno-tehnicheskij sbornik, Har'kov, NTU «HPI», 2014. – Vyp 84, S. 62-69. 2. Derevjanchenko A. G. Diagnostirovanie sostojanij rezhushhih instrumentov pri precizionnoj obrabotke / Derevjanchenko A. G., Pavlenko V. D., Andreev A. V. — Odessa : Astroprint, 1999. — 184 s. 3. Kuznecov Ju.M., Luciv I.V., Dubinjak S.K. Teorija tehnicnih sistem. — Ternopil'. 1997 – 310 s. 4. Anosov, D. V., Topologija, obyknovennye differencial'nye uravnenija, dinamicheskie sistemy, Sbornik obzornyh statej. D. V. Anosov / Tr. MIAN SSSR, S. 169, 1985, S. 59–93.

*Поступила в редколлегию 12.11.2014*